

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2003090959 A

(43) Date of publication of application: 28.03.03

(51) Int. Cl

G02B 19/00
B23K 26/06
G02B 5/18
G02B 5/32
G02B 27/00
H01L 21/027

(21) Application number: 2001281770

(22) Date of filing: 17.09.01

(71) Applicant: RICOH CO LTD

(72) Inventor: MIYAGAKI KAZUYA
 KAMEYAMA KENJI
 AISAKA KEISHIN
 KATO IKUO
 TAKIGUCHI YASUYUKI

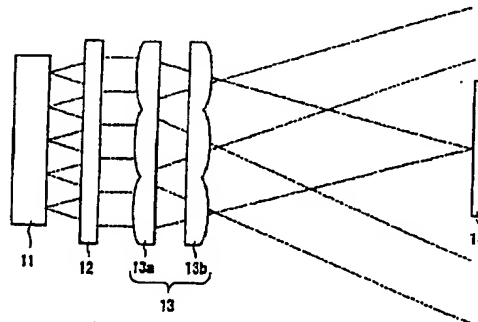
(54) LASER ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND
 EXPOSURE DEVICE, LASER PROCESSING
 MACHINE AND PROJECTION DEVICE USING THE
 OPTICAL SYSTEM

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease interference fringes caused by the beams from a laser array light source in the direction perpendicular to the array and to improve uniform illumination performance on the objective part for illumination.

SOLUTION: A hologram element 12 converts the intensity distribution of the component of light perpendicular to the array direction in the beams emitting from the laser array light source 11. That is, by preliminarily designing the diffraction angles of the hologram element 12, the Gaussian profile of the laser light is controlled to obtain constant illumination distribution on the objective part 14 for illumination. The beam component perpendicular to the array direction is made uniform on the objective part 14 for illumination by a fly-eye lens system 13 as shown in the figure. Uniform illumination on the objective part 14 can be obtained by the hologram element 12 and the fly-eye lens 13.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-90959

(P2003-90959A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
G 0 2 B 19/00		G 0 2 B 19/00	2 H 0 4 9
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	A 2 H 0 5 2
			E 4 E 0 6 8
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	5 F 0 4 6
5/32		5/32	
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 16 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-281770(P2001-281770)

(22) 出願日 平成13年9月17日 (2001.9.17)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 宮垣 一也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 亀山 健司

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74) 代理人 100079843

弁理士 高野 明近 (外2名)

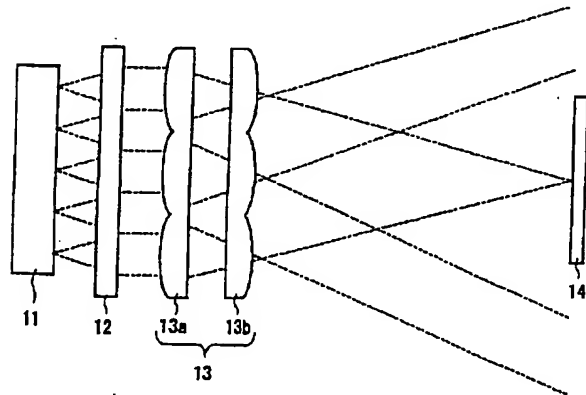
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ照明光学系、該光学系を用いた露光装置、レーザ加工機、及び投射装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への均一照明性能を向上させる。

【解決手段】 ホログラム素子12は、レーザアレイ光源11から発散される光束のうち、アレイ方向に直交する光成分の強度分布を変換させる。すなわち、ホログラム素子12の回折角を予め設計することにより、レーザ光のガウシアンプロファイルを調整して被照射部14で照度分布が一定となるようにする。また、アレイ方向に垂直な光束成分は、図示するようにフライアイレンズ系13によって被照射部14で均一化する。ホログラム素子12とフライアイレンズ系13とにより、被照射部14における均一照明を実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ発振部を複数並べたレーザアレイ光源と、格子溝のピッチ方向の光束成分の強度を均一化する回折格子を有する回折素子と、レンズアレイ方向の光束成分の強度を均一化するシリンドリカルレンズアレイとを有し、前記回折素子は、前記レーザアレイ光源から出射されるレーザビームアレイのアレイ方向と前記回折素子の格子溝のピッチ方向とが垂直になるように配置され、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記レーザビームアレイのアレイ方向と前記レンズアレイ方向が平行になるように配置されていることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 2】 レーザアレイ光源と、回折格子を形成した回折素子と、シリンドリカルレンズアレイによるフライアイレンズ系とを有するレーザ照明光学系であって、前記レーザアレイ光源のアレイ方向と垂直な光束成分の強度が前記回折素子によって均一化され、前記アレイ方向に平行な光束成分の強度が前記フライアイレンズ系で均一化されるように構成されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 3】 レーザアレイ光源と、回折格子を形成した回折素子と、シリンドリカルレンズアレイ及びシリンドリカルレンズからなるフライアイレンズ系とを有するレーザ照明光学系であって、前記レーザアレイ光源のアレイ方向と垂直な光束成分の強度が前記回折素子によって均一化され、前記アレイ方向に平行な光束成分の強度が前記フライアイレンズ系で均一化されるように構成されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記回折素子は、前記回折格子としてホログラフィック格子を有するホログラフィック素子であることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源と前記回折素子との間に各レーザ光をコリメートする手段を設けたことを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 6】 請求項 5 に記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源は、直線状にアレイ化された光源またはシングルスライプのレーザアレイ光源であって、前記コリメートする手段は、シリンドリカルレンズアレイまたはレンチキュラーレンズとシリンドリカルレンズとからなり、前記シリンドリカルレンズアレイのアレイピッチは前記レーザアレイ光源のアレイピッチと同等であり、前記シリンドリカルレンズは、前記レーザアレイ光源のアレイ方向に直交する方向にレンズパワーを有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源のアレイ方向におけるビームの広がり角を定義する半値全角を θ 、前記レーザアレイ光源のピッチを P とするとき、

前記回折素子と前記レーザアレイ光源の発光部の間隔 d は、 $d \leq P/2/\tan(\theta)$ を満たすことを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記レーザアレイ光源は、ストライプ状のアレイ光源が複数の層状に積み重ねられた 2 次元構造のレーザアレイ光源であり、前記回折素子は、前記ストライプの方向と直交する方向にレーザプロファイル均一化させるように該ストライプの層数に合わせてアレイ化されていることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のレーザ照明光学系において、前記回折素子の各回折格子からの回折光が、被照射部全面に照射されるように構成されていることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 10】 請求項 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記シリンドリカルレンズアレイは、該シリンドリカルレンズアレイの光束分割数が前記レーザアレイ光源の有効アレイ数の約数以外の値をとることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 11】 請求項 2 ないし 9 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系において、前記フライアイレンズ系は、該フライアイレンズ系の光束分割数が前記レーザアレイ光源の有効アレイ数の約数以外の値をとることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系と、投影レンズとを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 13】 請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系と、レンズとを有することを特徴とするレーザ加工機。

【請求項 14】 発振波長の異なる 3 つのレーザアレイ光源と、請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 に記載のレーザ照明光学系を 3 組と、色合成手段と、空間変調ライトバルブと、投射レンズとを備えたことを特徴とする投射装置。

【請求項 15】 請求項 14 に記載の投射装置において、前記 3 組のレーザ照明光学系のフライアイレンズ系を共通化し、該フライアイレンズ系と 3 組の回折素子との間に前記色合成手段を配置したことを特徴とする投射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ照明光学系、該光学系を用いた露光装置、レーザ加工機、及び投射装置に関し、より具体的には、レーザを光源として被照射部における照度を均一化した照明光学系と、これを用いたレーザ加工機、レーザ露光装置、レーザ投射装置などの装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザを光源とした投射装置は、レーザの発振スペクトルが狭いために色純度の高い投射を行うことが期待される。その一方で、レーザは干渉性が高いため、光束を分割してから合成すると干渉縞が発生することがある。例えば、一本のレーザビームを通常のフライアイレンズ光学系で照度均一化すると、被照射部で干渉縞が見られる。また、例えば特開平08-094839号公報記載のホログラム素子では、レーザビームの一部分を被照射部で重ね合わせており、干渉を小さく抑える構成を開示しているが、上記公報の構成でも干渉縞が無くなるわけではない。

【0003】レーザアレイを光源とした場合、光共振機の異なる光源から光が発振されるため、アレイ間の光の干渉は無い。このため、干渉縞が被照射部で複数重なることになる。レーザアレイ数が多いほど干渉縞は目立たなくなるが、アレイ数やフライアイレンズ系の組み合わせによっては干渉縞を低減することが難しい。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、請求項1及び2の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束の強度分布に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させることを目的とする。請求項3の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束の強度分布に起因する干渉縞を減らし、シリンドリカルレンズを使って被照射部への照明性能をさらに向上させることを目的とする。

【0005】請求項4の発明は、干渉縞を低減させるための回折素子を具体的に特定することを目的とするものである。請求項5の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、回折素子の作製を容易にし、設置許容性を向上させることを目的とする。請求項6の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、回折素子の設置許容を向上させるコリメートレンズ系の設置を容易にすることを目的とする。

【0006】請求項7の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、回折素子に入射する隣接レーザビームが重ならないようにすることを目的とする。請求項8の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束の強度分布に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、レーザ光源の出力を飛躍的に向上させることを目的とする。

【0007】請求項9の発明は、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束の強度分布に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、高出力なレーザ光源を使い被照射部の照度を飛躍的に向上させることを目的とする。請求項10及び11の発明は、レー

ザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束の強度分布に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、かつ、フライアイレンズ系による照度均一性を確実にすることを目的とする。

【0008】請求項12の発明は、レチクルなどへの照明性能の良好な露光装置を提供することを目的とする。請求項13の発明は、干渉縞がなく照度均一性が高いレーザ加工機を提供することを目的とする。請求項14の発明は、空間変調ライトバルブ上で干渉縞が発生せず照明性能が良好な投射装置を提供することを目的とする。請求項15の発明は、空間変調ライトバルブ上で干渉縞が発生せず照明性能が良好な投射装置で、低コスト化と装置の小型化を図ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、レーザ発振部を複数並べたレーザアレイ光源と、格子溝のピッチ方向の光束成分の強度を均一化する回折格子を有する回折素子と、レンズアレイ方向の光束成分の強度を均一化するシリンドリカルレンズアレイとを有し、前記回折素子は、前記レーザアレイ光源から出射されるレーザビームアレイのアレイ方向と前記回折素子の格子溝のピッチ方向とが垂直になるように配置され、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記レーザビームアレイのアレイ方向と前記レンズアレイ方向が平行になるように配置されていることを特徴としたものである。

【0010】請求項2の発明は、レーザアレイ光源と、回折格子を形成した回折素子と、シリンドリカルレンズアレイによるフライアイレンズ系とを有するレーザ照明光学系であって、前記レーザアレイ光源のアレイ方向と垂直な光束成分の強度が前記回折素子によって均一化され、前記アレイ方向に平行な光束成分の強度が前記フライアイレンズ系で均一化されるように構成されることを特徴としたものである。

【0011】請求項3の発明は、レーザアレイ光源と、回折格子を形成した回折素子と、シリンドリカルレンズアレイ及びシリンドリカルレンズからなるフライアイレンズ系とを有するレーザ照明光学系であって、前記レーザアレイ光源のアレイ方向と垂直な光束成分の強度が前記回折素子によって均一化され、前記アレイ方向に平行な光束成分の強度が前記フライアイレンズ系で均一化されるように構成されることを特徴としたものである。

【0012】請求項4の発明は、請求項1ないし3のいずれか1の発明において、前記回折素子は、前記回折格子としてホログラフィック格子を有するホログラフィック素子であることを特徴としたものである。

【0013】請求項5の発明は、請求項1ないし4のいずれか1の発明において、前記レーザアレイ光源と前記回折素子との間に各レーザ光をコリメートする手段を設けたことを特徴としたものである。

【0014】請求項6の発明は、請求項5の発明におい

て、前記レーザアレイ光源は、直線状にアレイ化された光源またはシングルスライプのレーザアレイ光源であって、前記コリメートする手段は、シリンドリカルレンズアレイまたはレンチキュラーレンズとシリンドリカルレンズとからなり、前記シリンドリカルレンズアレイのアレイピッチは前記レーザアレイ光源のアレイピッチと同等であり、前記シリンドリカルレンズは、前記レーザアレイ光源のアレイ方向に直交する方向にレンズパワーを有することを特徴としたものである。

【0015】請求項7の発明は、請求項1ないし6のいずれか1の発明において、前記レーザアレイ光源のアレイ方向におけるビームの広がり角を定義する半値全角を θ 、前記レーザアレイ光源のピッチをPとすると、前記回折素子と前記レーザアレイ光源の発光部の間隔dは、 $d \leq P/2/\tan(\theta)$ を満たすことを特徴としたものである。

【0016】請求項8の発明は、請求項1ないし7のいずれか1の発明において、前記レーザアレイ光源は、ストライプ状のアレイ光源が複数の層状に積み重ねられた2次元構造のレーザアレイ光源であり、前記回折素子は、前記ストライプの方向と直交する方向にレーザプロファイルを一様化させるように該ストライプの層数に合わせてアレイ化されていることを特徴としたものである。

【0017】請求項9の発明は、請求項8の発明において、前記回折素子の各回折格子からの回折光が、被照射部全面に照射されるように構成されていることを特徴としたものである。

【0018】請求項10の発明は、請求項1の発明において、前記シリンドリカルレンズアレイは、該シリンドリカルレンズアレイの光束分割数が前記レーザアレイ光源の有効アレイ数の約数以外の値をとることを特徴としたものである。

【0019】請求項11の発明は、請求項2ないし9のいずれか1の発明において、前記フライアイレンズ系は、該フライアイレンズ系の光束分割数が前記レーザアレイ光源の有効アレイ数の約数以外の値をとることを特徴としたものである。

【0020】請求項12の発明は、請求項1ないし11のいずれか1に記載のレーザ照明光学系と、投影レンズとを有することを特徴としたものである。

【0021】請求項13の発明は、請求項1ないし11のいずれか1に記載のレーザ照明光学系と、レンズとを有することを特徴としたものである。

【0022】請求項14の発明は、発振波長の異なる3つのレーザアレイ光源と、請求項1ないし11のいずれか1に記載のレーザ照明光学系を3組と、色合成手段と、空間変調ライトバルブと、投射レンズとを備えたことを特徴としたものである。

【0023】請求項15の発明は、請求項14の発明に

において、前記3組のレーザ照明光学系のフライアイレンズ系を共通化し、該フライアイレンズ系と3組の回折素子との間に前記色合成手段を配置したことを特徴としたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施例を添付された図面を参照して具体的に説明する。なお、実施例を説明するための全図において、同様の機能を有する部分には同じ符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0025】（実施例1：請求項1、2及び4に対応）図1ないし図3は、本発明によるレーザ照明光学系の一実施例を主に説明するための図で、光学系の側面概略構成および光路を図1に、平面概略構成および光路を図2に、斜視概略構成及び光路を図3に示すものである。レーザ照明光学系は各図に示すようにレーザアレイ光源11と、ホログラム素子12と、シリンドリカルレンズアレイ13a、13bによるフライアイレンズ系13とで構成される。また図中、14は被照射部を示す。

【0026】レーザアレイ光源11は、半導体レーザ等のレーザ発振部がアレイ状に配列されたタイプのものや、ストライプ型のレーザが好適に用いることができる。またホログラム素子12は、透過型振幅格子、透過型位相格子または透過型ブレード格子により構成され、それぞれフォトリソに干渉縞を焼き付けたり、機械的にダイヤモンドカッターでガラス板等の基板表面に溝を刻線する等して作製することができる。

【0027】このホログラム素子12は、レーザアレイ光源11から発散されるレーザビームによる光束のうち、一方向（格子溝のピッチ方向）のみの強度分布を格子によって変換させる働きを有する。そして、このホログラム素子12は、図3に示すようにレーザアレイ光源11から出射されたレーザビームアレイeのアレイ方向yに沿って格子溝gの方向が配されるよう、すなわちレーザビームアレイeのアレイ方向yと、光束の強度が均一化される方向である格子溝gのピッチ方向xが直交するように配置される。

【0028】なお、図3に示すホログラム素子12の格子溝gは直線状のものであるが、本発明ではこのような直線上の構成に限られることなく、基板上に円状または楕円状等の格子溝を設けて入射光束の強度変換を行うようにしてもよい。格子溝gのピッチ方向xの光束成分の強度分布均一化のために、本実施例におけるホログラム素子12は、図2に示すように、ガウシアンプロファイル（図では光線強度の強いところを破線を狭めて表現している）を有するレーザ光の回折角を適宜調整し、被照射部14で照度分布が一定となるようにホログラム面内の格子ピッチをチャーピング（回折格子ピッチを位置に応じて増加ないしは減少すること）している。この作用を図4を用いてより詳細に説明する。

【0029】図4は、図2と同様の照明光学系の平面概

略構成および光路と、ホログラム素子上および被照射部上の照度（光の強度）分布とを示す図である。図中、12Pはホログラム素子12上の照度分布、14Pは被照射部14上の照度分布である。また、図中の破線は光路を示しており、レーザアレイ光源11から照射されたレーザビームのうちホログラム素子12上に等間隔で入射したものについての被照射部14まで至る経路である。

【0030】ホログラム素子上の照度分布12Pは、ホログラム素子12における格子溝のピッチ方向（x方向）の照度（または光の強度）分布を示しており、0の位置がレーザビームの中心光軸上を示している。また、被照射部上の照度分布14Pは、被照射部14におけるx方向の照度（または光の強度）分布を示しており、0の位置がレーザビームの中心光軸上を示している。ホログラム素子12に入射したビームの照度分布は、ホログラム素子上の照度分布12Pに示すように中心光軸上の照度が一番大きく、中心光軸からそれるほど小さくなっていくガウス分布（ガウシアンプロファイル）を有している。

【0031】しかし、被照射部14ではこの照度分布をできるだけ均一にしなければならない。そこで、被照射部14においては光軸付近では多くの光が照射されないように、また、光軸上から離れるに従い光が多く照射されるように（すなわち照度分布が被照射部上の照度分布14Pに示すように均一化するように）、ホログラム素子12の格子ピッチを調整している。なお、図1ないし図3において、ホログラム素子12は入射光の中心光軸に対して垂直に配置しているが、特にこの配置に制限されず、格子溝のピッチの設計（チャーピング）しだいで入射光軸に対して傾けて設置することも可能である。

【0032】シリンドリカルレンズアレイ13a、13bは、短冊状に球面や円筒状レンズを配置してなるもので、第1のシリンドリカルレンズアレイ13aは、入射光束をアレイ数の光束に分割し、かつ、第2のシリンドリカルレンズアレイ13bの各レンズに集光させる働きをする。第2のシリンドリカルレンズアレイ13bは第1のシリンドリカルレンズアレイで集光しきれなかった光束を屈折させ、できるだけ被照射部14上に光束を集める働きをする。なお、第1のシリンドリカルレンズアレイ13aに入射される光束が平行光である場合等第2のシリンドリカルレンズアレイ13bがなくても被照射部14上に光束が十分集まる場合には、第2のシリンドリカルレンズアレイ13bは必要なくなる。

【0033】そして、この両シリンドリカルレンズアレイ13a、13bの組み合わせによりフライアイレンズ系13が構成され、レンズアレイ方向の光強度を均一化することができ、照度ムラを減少させることができる。そこで、ホログラム素子12で強度変換する面と垂直な光束が被照射部で均一化されるようにシリンドリカルレンズアレイ13a、13bを設置すれば、被照射部14

の面上で照度分布を均一化することができる。このためには、図1及び図3に示すように、レーザアレイ光源11から出射されたレーザビームアレイeのアレイ方向とシリンドリカルレンズアレイ13a、13b（またはフライアイレンズ系13）のアレイ方向を平行にすればよい。

【0034】レーザアレイ光源11はレーザビームアレイeどうしの光の干渉性はない。これは光共振が別々であるため、光の位相が揃わないためである。従って、各アレイ光を被照射部で重ね合わされても干渉縞は発生しない。ところが図1の紙面内の光束をフライアイレンズで一度分割し、被照射部で重ね合わせると干渉縞が必ず発生する。この干渉縞は各アレイ光ごとに被照射部で干渉縞をつくるため、光源のアレイ数が多くなるほど干渉縞が重なり合い、目立たなくなるが、完全に消えることはない。本発明ではホログラム素子12によって光束を分割することなく被照射部で均一な照度にするため干渉縞が発生しない。

【0035】被照射部14は、均一化された光束が照射される部分であり、投射装置では空間光変調素子（所謂ライトバルブ）が、露光装置ではマスク（レチクル）がこの被照射部14に該当する。

【0036】次に本実施例におけるレーザ照明光学系の構成において、レーザアレイ光源11から出射されたレーザビームが被照射部14に至るまでの光路について主に図1ないし図3を用いて説明する。レーザアレイ光源11から出射されたレーザビームアレイeは、図3に示すように一定の広がり角をもって、ホログラム素子12に入射する。ホログラム素子12に入射した光束の内、レーザビームアレイeのアレイ方向yと垂直な光束成分は、図2または図4に示すように、また上述したように被照射部14で照度が均一化するように強度変換が行われた後、出射される。

【0037】図5は、ホログラム素子からの出射光をコリメート化するためのホログラム素子の構成例を説明するための図で、ホログラム素子に形成した回折格子を模式的に示す図である。ホログラム素子12の概略斜視図を図5（A）に、図5（A）をB方向からみた概略図を図5（B）に、図5（A）をC方向からみた概略図を図5（C）に示す。

【0038】レーザビームアレイeのアレイ方向yと平行な光束成分の光路は通常であればホログラム素子12では影響を受けない。しかしながら、本実施例では、図1に示すようにホログラム素子12により光束はコリメート化されている。これは、図5（B）に示すごとのレーザアレイ方向に直交する方向の強度分布を均一化する格子溝gの他に、図5（C）に示すように、ホログラム素子12の一方の面に各レーザビームに対応してビームアレイeとは垂直方向に、変調ピッチの格子溝g'を設けるようにしたり、図示はしないが、コリメート用の

円状、楕円状等の回折格子をホログラム素子 12 上に設けるようにすれば実現できる。なお、本実施例のようにレーザビームアレイ e のアレイ方向と平行な光束成分をコリメート化しなくても本発明の目的を達成できるのは言うまでもない。

【0039】ホログラム素子 12 を通過した光束は、次にシンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b により構成されるフライアイレンズ系 13 に入射する。この光束のうち、レーザビームアレイ e のアレイ方向と垂直な光束成分に対しては、シンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b は透明な平行平板と等価な関係となる。すなわち、平行平板の一般的な性質の通り、光束がシンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b へ垂直に入射する場合にはそのまま透過する。また、光束が一定の角度をもって入射する場合にはその角度に応じて所定量光路がシフトする。

【0040】ただし、図 2 または図 4 に示すように、シンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b には全ての光束はほぼ垂直とみなせる程度に入射しているので、光路のシフト量もごく微小で無視できる程度である。一方、レーザビームアレイ e のアレイ方向 y と平行な光束成分は、図 1 に示すように及び上述した通り、第 1 のシンドリカルレンズアレイ 13 a により第 2 のシンドリカルレンズアレイ 13 b 上に集光するように分割され、さらに第 2 のシンドリカルレンズアレイ 13 b で被照射部 14 に光束ができるだけ集まるように光路が修正される。

【0041】なお、本実施例では、第 1 のシンドリカルレンズアレイ 13 a に入射する光束が平行光となっているので、上述したように第 2 のシンドリカルレンズアレイ 13 b は省略することも可能である。なお、図 1 ないし図 3 の構成では、レーザアレイ光源 11 の次段にホログラム素子 12 を設け、その次段にシンドリカルレンズ 13 a、13 b を設けているが、本発明の目的を達成するためにはこの順番に限られることなく、レーザアレイ光源 11 の次段にシンドリカルレンズ 13 a、13 b を設け、その次段にホログラム素子 12 を設ける構成でもよい。本実施例の様に、レーザアレイのアレイ方向に垂直な光束を変調ピッチのホログラム素子 12 で強度変換することによって被照射部 14 で干渉縞のない良好な照明をすることができる。

【0042】（実施例 2：請求項 3 に対応）図 6 及び図 7 は、本発明によるレーザ照明光学系の他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を図 6 に、平面概略構成と光路を図 7 に示すものである。本実施例の光学系は、レーザアレイ光源 11 と、ホログラム素子 12 と、シンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b 及びシンドリカルレンズ 13 c からなるフライアイレンズ系 13 で構成される。

【0043】本実施例の照明光学系は、上述した実施例

1 の構成に加えて、フライアイレンズ系としてシンドリカルレンズ 13 c がシンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b の出射側光路上に配された構成となっている。シンドリカルレンズ 13 c は、所定の位置に配されている被照射部 14 をより均一照明するために設けられているもので、シンドリカルレンズアレイ 13 b からの出射光を被照射部 14 に集光することにより、光の利用効率を高くすることができ、かつ照度ムラをなくして均一性を向上させることができるようにしたものである。

【0044】すなわち、上記実施例 1 では、シンドリカルレンズ 13 a、13 b によってレンズアレイ方向の光強度が均一化されているが、図 1 に示すような形態で被照射部 14 が配されている場合、被照射部 14 を照明しないアレイ光が生じるとともに、被照射部 14 におけるアレイ光の重なり方によっては、照度ムラが生じる可能性がある。本実施例においては、シンドリカルレンズ 13 c によって、シンドリカルレンズアレイ 13 a、13 b のレンズアレイ方向（レーザアレイ方向）の光束を被照射部 14 に集光するように設定することにより、被照射部 14 における均一照明を実現できる。

【0045】本実施例は、上述したようにシンドリカルレンズ 13 c を除いて上記実施例 1 の構成と同様であって、実施例 1 と重複する各要素の特性及び作用は同様であって、また各要素によって作用を受けた光路については同様の振る舞いを示す。また実施例 1 において説明したごとくの各要素を応用した他の構成例についても、同様に本実施例に適用することが可能である。以下に本実施例の基本的な動作について実施例 1 と重複する部分も含めて説明するが、実施例 1 と重複する部分について実施例 1 に記載したごとくの詳述は省略する。

【0046】実施例 1 と同様に、レーザアレイ光源 11 には、レーザ発振部がアレイ状に配列されたタイプのものやストライプ型のレーザを好適に用いることができる。またホログラム素子 12 は、レーザビームとしてレーザアレイ光源 11 から発散される光束のうち、一方方向のみの強度分布を変換させる。図 7 に示すように、レーザ光のガウシアンプロファイル（図 7 では、光線強度の強い部分は、光路の間隔を狭めて表現している）を調整して被照射部で照度分布が一定となるようにするために、ホログラム素子 12 のホログラム面内の格子ピッチをチャージングして該ホログラム素子 12 からの回折角を適宜調整する。

【0047】図 6 及び図 7 の構成では、ホログラム素子 12 は入射光軸に対して垂直に配置しているが、特にこの配置に制限されず、変調ピッチの設計次第で入射光軸を変えることが可能である。また、シンドリカルレンズアレイ 13 b は必ずしも必要ではなく省略することも可能である。

【0048】本実施例においては、ホログラム素子 12

で強度変換する面と垂直な光束は、フライアイレンズ系13によって均一化され被照射部14を均一に照射する。図6に示すように、レーザアレイ光源11のアレイ方向とフライアイレンズ系13のアレイ方向を描えれば良い。上述したように、シリンドリカルレンズアレイ13a、13bの後のシリンドリカルレンズ13cは、シリンドリカルレンズアレイ13bの各アレイからの光を被照射部上で重ね合わせるためのはたらきを持つ。本実施例によれば、上記実施例1に比べると、被照射部14の周辺部の照度均一性を向上させることができる。すなわち、シリンドリカルレンズ13cによって、シリンドリカルレンズアレイ13bからの出射光を被照射部14に集光することにより、光の利用効率を高くすることができ、かつ照度ムラをなくして均一性を向上させることができる。

【0049】本実施例においては、レーザアレイ光源11のアレイ方向に垂直な光束を、変調ピッチのホログラム素子で強度変換することによって被照射部14で干渉縞のない良好な照明をすることができるようになる。またフライアイレンズ系にシリンドリカルレンズを用いたため被照射部の照明性能を良好にすることができる。

【0050】（実施例3：請求項5に対応）図8及び図9は、本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を図8に、平面概略構成と光路を図9に示すものである。本実施例の光学系は、レーザアレイ光源11と、コリメートレンズアレイ21と、ホログラム素子22とにより構成されるもので、上記実施例2の構成に加えてコリメートレンズアレイ21をレーザアレイ光源11とホログラム素子22との間の光路上に設けたものである。なお、図8に示すホログラム素子22は、実施例1及び2のホログラム素子12と同様にレーザアレイ光源11から発散されるレーザビームによる光束のうち一方（格子溝のピッチ方向）のみの強度分布を格子によって変換させる働きを有するが、実施例1及び2のホログラム素子12に対して平行光が入射するように回折角が設定されるため、ここでは別の符号（22）が付してある。

【0051】コリメートレンズアレイ21によってレーザアレイ光源11から出射したレーザビームアレイは平行光束化され、ホログラム素子22に入射する。本実施例のように平行光束をホログラム素子22に入射させるため、ホログラムの設置許容性が高くなる。すなわち、ホログラムの回折角の設計に際して入射光として平行光を想定すればよいので、本実施例で使用するホログラム素子22の作製は容易である。

【0052】本実施例は、上述したようにコリメートレンズアレイ21を除いて上記実施例2の構成と同様であって、実施例2と重複する各要素の特性及び作用は同様であって、また各要素によって作用を受けた光路については同様の振る舞いを示す。また上述の実施例において

説明したごとくの各要素を応用した他の構成例についても、同様に本実施例に適用することが可能である。以下に本実施例の基本的な動作について説明するが、上述の実施例と重複する部分について繰り返しの詳述は省略する。

【0053】レーザアレイ光源11としては、レーザ発振部がアレイ状に配列されたストライプ型のレーザやストライプ型レーザが複数個層状に並んでいる光源を好適に用いることができる。またコリメートレンズアレイ21は、レーザアレイ光源11のアレイピッチと同じピッチでレンズがアレイ化されており、レーザアレイ光源11の各々の発光部から発散されるレーザ光を、各々対応するレンズでコリメートする。

【0054】ホログラム素子12は光源のアレイ方向（図8の紙面内）には回折させる機能は無く、アレイに垂直方向の光束に対しては図9に示すように光束の強度分布を変換させる。図9において、ホログラム素子22に入射するビームにおけるアレイに垂直な方向成分は、その中心強度にピークを持つガウシアン分布を有している。ホログラム素子22の格子ピッチは、該ホログラム素子22から回折された光がビームの中心からの距離に応じて所定の回折角となるように設計される。図9では強度の強い光線部分を光線の幅を狭くして図示している。

【0055】一方、レーザアレイ光源11からのアレイ方向の光束成分については、上記実施例2に示すごとくのフライアイレンズ系13によって、フライアイの分割数に応じてレーザアレイコリメート光を分割し、被照射部14で重ね合わせている。

【0056】本実施例の構成によれば、レーザアレイ光源11からの出射光束をコリメートレンズアレイ21で平行光束化させてからホログラム素子12に入射させるため、ホログラムの設置許容性を広くすることができる。

【0057】（実施例4：請求項6に対応）図10及び図11は、本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を図10に、平面概略構成と光路を図11に示すものである。本実施例のレーザ照明光学系は、発光部が直線状にアレイ化されたレーザアレイ光源（またはシングルストライプレーザ）11と、シリンドリカルレンズアレイ（またはレンチキュラーレンズ）31と、シリンドリカルレンズ32と、ホログラム素子22と、シリンドリカルレンズアレイ13a、13b及びシリンドリカルレンズ13cからなるフライアイレンズ系13とにより構成されたもので、上記実施例2の構成に加えてシリンドリカルレンズアレイ（またはレンチキュラーレンズ）31とシリンドリカルレンズ32とをレーザアレイ光源21とホログラム素子12との間の光路上に設けたものである。

【0058】本実施例におけるシンドリカルレンズアレイ31とシンドリカルレンズ32は、レーザアレイ光をコリメートするためのレンズ系である。シングルストライプ型のレーザアレイを光源とするため、隣接レーザ光が重なる前にシンドリカルレンズアレイ31で各光束のアレイ方向成分を平行光束化し、その後シンドリカルレンズ32でアレイ厚さ方向（アレイ方向の直交方向）の光束成分を平行化させる。

【0059】ホログラム素子12に入射させるレーザアレイビームを平行光束化することにより上記実施例3と同様の効果を得ることができるが、本実施例では、コリメートレンズ系を2つの光学部品（シンドリカルレンズアレイ31、シンドリカルレンズ32）で機能させ、かつ、これらのレンズがシンドリカルレンズであるため、母線方向への設置許容を大きくすることができる。さらに、光束の2方向成分をそれぞれ個別のレンズで平行光束化するため、コリメートアレイ光束全体の縦方向、横方向の長さの比をシンドリカルレンズ32の焦点距離によって変えることができ、設計の許容性を広げることができる。

【0060】また本実施例では、上記実施例3と同様に平行光束をホログラム素子12に入射させるため、ホログラムの設置許容性が高くなる。すなわち、ホログラムの回折角の設計に際して入射光として平行光を想定すればよいので、本実施例で使用するホログラム素子12の作製は容易である。

【0061】本実施例の構成は、上述したようにシンドリカルレンズアレイ31、シンドリカルレンズ32によるコリメートレンズ系を除いて上記実施例2の構成と同じであり、実施例2と重複する各要素の特性及び作用は同様であって、また各要素によって作用を受けた光路については同様の振る舞いを示す。また上述の実施例において説明したごとの各要素を応用した他の構成例についても、同様に本実施例に適用することが可能であり、上述の実施例と重複する部分について繰り返しの詳細は省略する。

【0062】（実施例5：請求項7に対応）図12は、レーザ光の遠視野像（ファースフィールドパターン）で、レーザの広がりに対する光強度分布の例を示す図である。一般的に、レーザビームの広がり角は図12に示すように半値全角 θ で表される。図6のホログラム素子12の面で隣接レーザ間の光束を重ならないようにするには、レーザ光の広がり角の2倍の光束が重ならなければ光の利用効率が高い。仮にレーザアレイ方向に平行な面内でのレーザの広がり角 $\theta = 10^\circ$ のとき、図13のように半角で $\theta = 10^\circ$ （すなわち全角で $2\theta = 20^\circ$ ）の光束が隣接ビームと重ならなければピーク強度の約6%の光まで利用できる。

【0063】図13において、レーザアレイ光源11のアレイピッチをPとすれば、レーザ発光部からホログラ

ム素子12の間隔dが、

$$d \leq P/2/\tan(\theta) \quad \dots (式1)$$

を満たすように配置することによって隣接レーザ光が重ならない。仮に、ホログラム素子12で隣接レーザ光が重なると、2方向からの入射光は同一の方向に回折できないため、光を損失させてしまう。すなわち上記（式1）を満たす構成によって光利用効率は高くなる。

【0064】（実施例6：請求項8に対応する実施例）図14は、本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示すものである。照明光学系は、レーザアレイ光源41a、41bと、ホログラム素子42と、シンドリカルレンズアレイ13a、13b及びシンドリカルレンズ13cからなるフライアイレンズ系13とにより構成される。上述の実施例と同様にシンドリカルレンズアレイ13bは省略することも可能である。

【0065】本実施例の構成は、レーザアレイ光源のユニットを複数備えてこれらが多段に配されたもので、図14の例は、二つのレーザアレイ光源41a、41bを用いて構成されたものである。本実施例は、レーザアレイ光源を多段で構成することによって、光源の全パワーをさらに高出力にすることができ、結果的に、被照射部14の放射束を大きくすることができるため被照射部14の照度を飛躍的に向上させることができるようにしたものである。

【0066】レーザアレイ光源41a、41bは、それぞれの発光部が直線状にアレイ化されたもので、このアレイ光源が多段に構成されている。上述のように図14は、2段のレーザアレイ光源を示しているが、多段構成の数はいくつであっても良い。またホログラム素子42は、上記実施例1のホログラム素子12をアレイ状に構成したものである。

【0067】本実施例の構成は、上記の実施例2と同様の光学系を多段に構成したものと理解される。従って、一つのレーザ光源アレイ（41aまたは41b）から被照射部14の一部（図11では被照射部14のいずれか半分の領域）までの、各要素における作用と光路、及び他の応用構成例については実施例2と同様であり、ここではその繰り返しの説明は省略する。本実施例によれば、レーザアレイ光源を多段で構成することによって、上述のごとくに光源の全パワーの高出力化による被照射部の照度向上を実現することができる。

【0068】（実施例7：請求項9に対応）図15は、本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示すものである。レーザ照明光学系は、レーザアレイ光源41a、41bと、ホログラム素子43と、シンドリカルレンズアレイ13a、13b及びシンドリカルレンズ13cからなるフライアイレンズ系13とにより構成される。上述の実施例と同様にシンドリカルレンズアレ

イ 13 b は省略することも可能である。

【0069】本実施例は、レーザアレイ光源を多段に配置し、実施例 2 と同様の光学系を用いて被照射部 14 を均一照明するという点に関しては、上記実施例 6 と同様であるが、各レーザアレイ光源 41 a, 41 b から出射したレーザビームの中心を被照射部 14 の中心に合わせるようにし、すなわち、各レーザアレイ光源 41 a, 41 b からのレーザビームによる被照射部 14 の照射領域が重なるようにすることにより、被照射部 14 を均一かつ高い照度で照明することが可能となるようにしたもの

である。本実施例の各要素における作用及び光路は、ホログラム素子 43 によって回折光のビームを被照射部 14 の中心に向けて回折させるようにする点を除けば、上述の実施例 6 と同様である。

【0070】本実施例のレーザアレイ光源 41 a, 41 b は、実施例 6 と同様にそれぞれの発光部が直線状にアレイ化されており、このアレイ光源が多段に構成されている。図 15 は、2 段のレーザアレイ光源を示しているが、多段構成の数はいくつであっても良い。

【0071】ホログラム素子 43 にはレーザアレイ光源の段数に対応した変調ピッチ回折格子が設置されるが、ホログラム素子 43 からの回折光は、レーザビームにおける図 15 の紙面に平行な面内の光束成分を均一化させ、かつ、ビームの中心を被照射部 14 の中心に合わせるはたらきを持つ。

【0072】またフライアイレンズ系 13 は、上記実施例 2 と同様に図 15 の紙面に垂直な面内の光束成分を被照射部 14 で均一照度に照明する。例えば、シリンドリカルレンズアレイ 13 a, 13 b とシリンドリカルレンズ 13 c を用いることでフライアイレンズ系 13 を機能

させることができる。本実施例の構成によって、レーザアレイ光源 41 a, 41 b のアレイ垂直方向の光束成分に起因する干渉縞を減らし、被照射部 14 への照明性能を向上させることができ、レーザアレイ光源 41 a, 41 b を層状にアレイ化してレーザパワーを高出力にすることができ、かつ、これらの出射光により被照射部 14 を均一かつ高い照度で照明することが可能となる。

【0073】（実施例 8：請求項 9 に対応）図 16 は、本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示すものである。本実施例は、上記実施例 7 の光学系に対してホログラム素子 42 の直後にシリンドリカルレンズ 44 を配置したもので、その他の要素の作用及び光路については、上記実施例 7 と同様であるので繰り返しの説明は省略する。

【0074】ホログラム素子 42 は、図 14 に示す実施例 6 に用いたものと同じレーザアレイ光源 41 a, 41 b の多段構成に対応したアレイ状のホログラム素子 42 である。シリンドリカルレンズ 44 は、ホログラム素子 42 のアレイ部からの回折光を被照射部 14 で重ね合わ

せるはたらきを有する。

【0075】本実施例においても、上記実施例 6 及び 7 と同様にレーザアレイ光源 41 a, 41 b のアレイ垂直方向の光束成分に起因する干渉縞を減らし、被照射部 14 への照明性能を向上させることができ、レーザアレイ光源 41 a, 41 b を層状にアレイ化してレーザパワーを高出力にすることができ、かつ、これらの出射光により被照射部 14 を均一かつ高い照度で照明することが可能となる。

【0076】（実施例 9：請求項 10 及び 11 に対応）上述の各実施例において、レーザアレイ光のアレイ方向に直交する光束成分はホログラム素子によって強度変化させるが、アレイ方向の照度均一化はフライアイレンズ系に担当させている。レーザアレイ数とフライアイの分割数は、ある特定の関係を除外するように構成する必要がある。

【0077】もし、フライアイレンズ系の分割数がレーザアレイ光源の有効アレイ数（実際にレーザ発振させているアレイ数）の約数に一致すると、被照射部のレーザアレイ方向にレーザアレイの強度分布の周期が完全に一致して照度均一化できなくなる。このため、レーザの有効アレイ数の約数にならない値となるように分割数を選ぶ。

【0078】図 17 は、レーザの有効アレイ数を 105 とした時のフライアイ分割数による被照射部のアレイ方向での均一性を計算した結果を示す図である。105 の約数に一致した分割数以外であれば均一性は高くなる。本実施例によれば、フライアイ分割数としてレーザ有効アレイ数の約数以外の値を選ぶため照度均一性を確実にすることができる。

【0079】図 18 は、本発明で適用されるホログラム素子の設計思想について説明するための図で、12 はホログラム素子、14 は被照射部である。ホログラム素子 12 に入射するビームの照度プロファイルは、図 19 に示すようなガウシアンプロファイルを示す。すなわち、ビーム中心の照度が高く、ビームの周辺部に向かうに従って照度が低くなる特性を有する。ホログラム素子 12 は、このようなガウシアンプロファイルの入射ビームを、図 20 に示すような均一な照度分布となるようにする。

【0080】すなわち、ホログラム素子 12 上の微小な領域での強度、例えば図 19 の A が被照射部 14 で図 20 の強度 B となり、 $A=B$ となるようにその部分の回折角 θ_2 が決定される。すなわち、入射角 θ_1 と波長から以下の回折の式、 $\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = \lambda / P$ によってホログラムのピッチ P が決まる。ここで λ は波長を表す。これを入射ビームの全領域にわたって計算するとホログラム素子 12 の変調ピッチが設計できる。なお、図 8 に用いるホログラム素子 22 は $\theta_1 = 0$ とすることで変調ピッチを設計することができる。

【0081】（実施例10：請求項12に対応）図21は、本発明による露光装置の一実施例について説明するための概略図で、図中、100はレーザアレイ光源、101はレーザ照明光学系、102はレチクル（マスク）、103は投影レンズ、104は基板ステージである。照明光学系は、本発明に係わるレーザ照明光学系であって、例えば上記請求項1ないし10に対応する実施例で説明した照明光学系が適用される。レーザアレイ光源100からのアレイ光はレーザ照明光学系101によってレチクル102上で均一放射照度となる。

【0082】レチクル102は半導体デバイスの制作工程でウェハ上に回路パターンを露光するために使用されるフォトリソマスクのことで、レチクル102のパターンは投影レンズによって基板ステージ上に置かれたウェハなどに露光される。基板ステージ104でウェハの所望の位置を露光する。

【0083】本実施例では、請求項1ないし11記載の本発明に係わるレーザ照明光学系を用いてレーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、レチクル102の面上で干渉縞が発生しない。このため、照明性能がよく高性能な露光を行うことができる。

【0084】（実施例11：請求項13に対応）図22は、本発明によるレーザ加工機の一実施例について説明するための概略図で、図中、105はレンズ、106はワークである。本発明のレーザ加工機は、レーザアレイ光源100からのレーザ光を請求項1から請求項11までに記載のいずれかのレーザ照明光学系101で均一ビームに変換し、レンズ105でワーク106に縮小または拡大して照射する。集光スポットではワークの表面加工や切断加工を行うことができる。また、レンズ105を投影レンズに置きかえるか、もしくは被照射部を直接ワークとする配置では、ワークの広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用できる。本実施例では、請求項1ないし11記載のレーザ照明光学系を用いてレーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、ワーク上で干渉縞が発生しない。このため、良好なレーザ加工やレーザアニールを行うことができる。

【0085】（実施例12：請求項14に対応）図23は、本発明による投写装置の一実施例を説明するための概略図である。本発明の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、請求項1ないし請求項11までのいずれかに記載のレーザ照明光学系101r、101g、101bと、色合成手段113と、ライトバルブ114と、投射レンズ115とを有している。また図中、116はフィールドレンズで、ライトバルブからの画像光を効率良く投射レンズ115の瞳に入れるために用いるが、必ずしも必須の構成ではない。色合成

手段113としてはダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0086】本実施例においては、レーザ照明光学系は、ホログラム素子111r、111g、111bとフライアイレンズ系112r、112g、112bからなる。前述の通り、本発明に係わるレーザ照明光学系を使うことにより、被照射部であるライトバルブ114面で干渉縞が発生しない。ライトバルブ114で空間変調された画像を投射レンズ115でスクリーン（図示せず）に投影する。ライトバルブ114としては、例えば液晶素子を用いることができる。また、図23では透過型のライトバルブを図示しているが、反射型のライトバルブを用いて照明光と投射光を偏光ビームスプリッタで分岐するように構成してもよい。

【0087】本実施例は、単板のライトバルブを使っているが、3つのライトバルブを使うようにしてもよい。図示しないが、3板式の場合には一つのレーザアレイ光源とレーザ照明光学系の被照射部にライトバルブを配置し、3つのライトバルブからの画像光を色合成手段（例えばダイクロイックプリズム）で合成して投射レンズでスクリーンに投影させる。

【0088】上記実施例の投射装置によれば、レーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすると高出力にできる。またレーザ照明光学系によってレーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、干渉縞の発生しない均一照明ができ、明るくて表示品質の高い投射装置を提供することができる。

【0089】（実施例13：請求項15に対応）図24は本発明による投写装置の他の実施例を説明するための図である。本発明の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、請求項1から請求項11までに記載のいずれかのレーザ照明光学系（ホログラム素子111r、111g、111b、フライアイレンズ系112）、色合成手段113と、ライトバルブ114と、投射レンズ115とを有している。また図中、116はフィールドレンズで、ライトバルブ114からの画像光を効率良く投射レンズ115の瞳に入れるために用いるが、必ずしも必須の構成ではない。また色合成手段113としてはダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0090】本実施例では、レーザ照明光学系は、三つのホログラム素子111r、111g、111bと一つのフライアイレンズ系112からなるが、フライアイレンズ系112は、色合成手段113で3色のレーザ光を合成した後に配置する。本実施例の構成によって、フライアイレンズ系が1組で足りるため装置の部品点数を減らすことができ、装置も小型にすることができる。

【0091】本実施例によれば、レーザアレイ光源であ

るため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすると高出力にできる。またレーザ照明光学系によってレーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させるため、干渉縞の発生しない均一照明ができ、これにより明るくて表示品質が高く、小型のレーザ投射装置を提供することができる。さらに、レーザ照明光学系の一部を共有させるため、部品点数が少なく、小型の投射装置とすることができる。

【0092】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のレーザ照明光学系によれば、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束成分のビームプロファイルを、変調ピッチのホログラム素子で変換させるため、被照射部で干渉縞が発生しにくく、均一な照明を良好に行うことができる光学系を提供することができる。

【0093】また、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させることにより、レチクル面で干渉縞が発生しにくく照明性能が良い露光装置を提供することができる。

【0094】また、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させることにより、ワーク上で干渉縞が発生しにくく照明性能が良いレーザ加工機を提供することができる。

【0095】また、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束を変調ピッチのホログラム素子でビームプロファイルを変換させることにより、ライトバルブ面で干渉縞が発生しにくく照明性能が良い投射装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるレーザ照明光学系の一実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成及び光路を示す図である。

【図2】 本発明によるレーザ照明光学系の一実施例を説明するための図で、平面概略構成と光路を示す図である。

【図3】 本発明によるレーザ照明光学系の一実施例を説明するための図で、平面概略構成と光路を示す図である。

【図4】 図4は、図2と同様の照明光学系の平面概略構成および光路と、ホログラム素子上および被照射部上の照度（光の強度）分布とを示す図である。

【図5】 図5は、ホログラム素子からの出射光をコリメート化するためのホログラム素子の構成例を説明するための図である。

【図6】 本発明によるレーザ照明光学系の他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示す図である。

【図7】 本発明によるレーザ照明光学系の他の実施例を説明するための図で、平面概略構成と光路を示す図である。

【図8】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示す図である。

【図9】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、平面概略構成と光路を示す図である。

10 【図10】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示す図である。

【図11】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、平面概略構成と光路を示す図である。

【図12】 レーザ光の遠視野像（ファースフィールドパターン）で、レーザの広がりに対する光強度分布を示す図である。

20 【図13】 隣接ビームを効率的に利用するための光路設計について説明するための図である。

【図14】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示すものである。

【図15】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示す図である。

【図16】 本発明によるレーザ照明光学系の更に他の実施例を説明するための図で、光学系の側面概略構成と光路を示す図である。

30 【図17】 レーザの有効アレイ数を105とした時のフライアイ分割数による被照射部のアレイ方向での均一性を計算した結果を示す図である。

【図18】 本発明で適用されるホログラム素子の設計思想について説明するための図である。

【図19】 レーザアレイ光源から出射する光速の強度分布を示す図である。

【図20】 回折素子によって調整された光の強度分布を示す図である。

【図21】 本発明による露光装置の一実施例について説明するための概略図である。

【図22】 本発明によるレーザ加工機の一実施例について説明するための概略図である。

【図23】 本発明による投写装置の一実施例を説明するための概略図である。

【図24】 本発明による投写装置の他の実施例を説明するための図である。

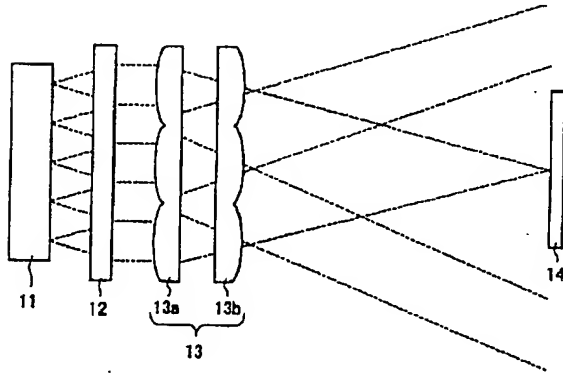
【符号の説明】

11, 41a, 41b, 100, 100r, 100g, 100b…レーザアレイ光源、12…ホログラム素子、
40 13, 112b, 112g, 112r…フライアイレン

21

ズ系、13a、13b、31…シリンドリカルレンズアレイ、13c、32、44…シリンドリカルレンズ、14…被照射部、21…コリメートレンズアレイ、22、42、43、111b、111g、111r…ホログラム素子、101、101r、101g、101b…レー

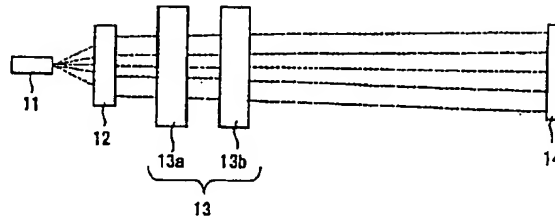
【図1】



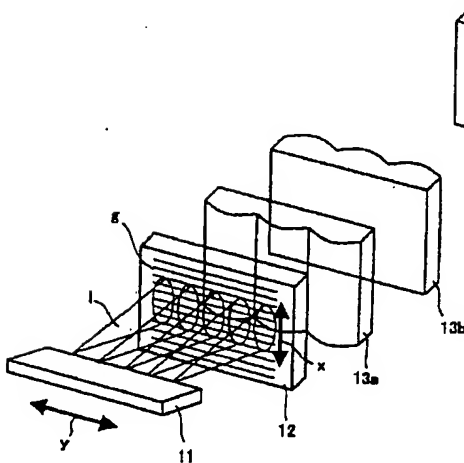
22

ザ照明光学系、102…レチクル（マスク）、103…投影レンズ、104…基板ステージ、105…レンズ、106…ワーク、113…色合成手段、114…ライトバルブ、115…投射レンズ、116…フィールドレンズ、1…レーザビームアレイ、g、g'…格子溝。

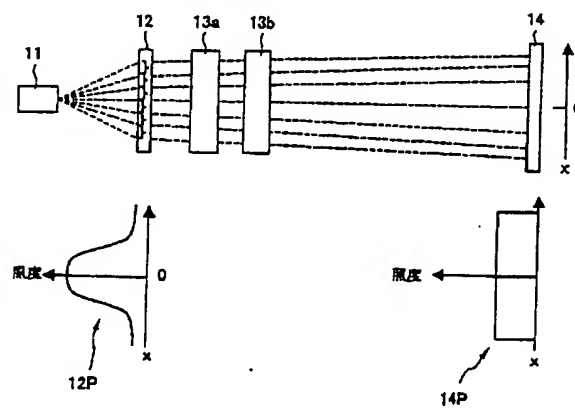
【図2】



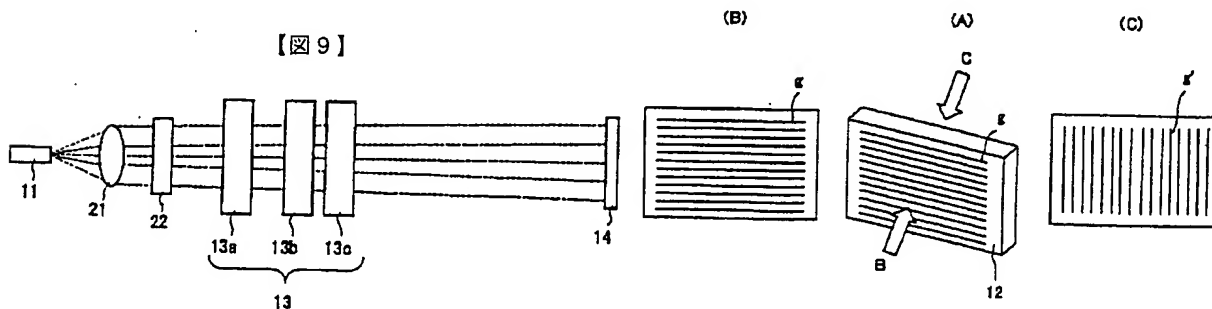
【図3】



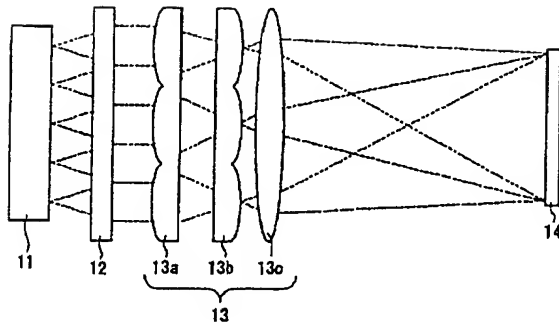
【図4】



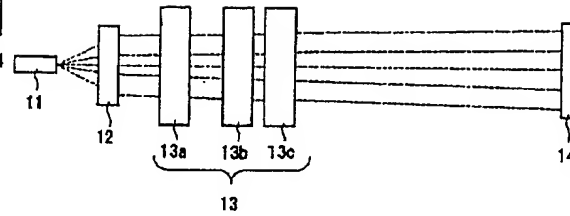
【図5】



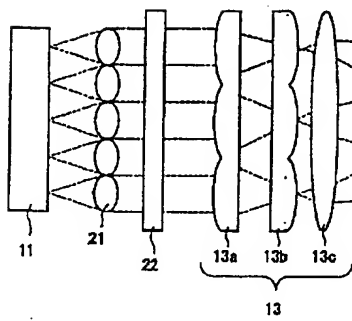
【図6】



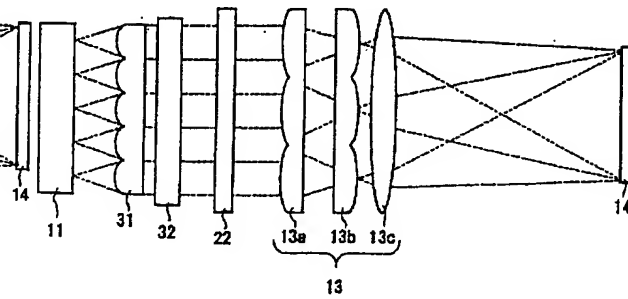
【図7】



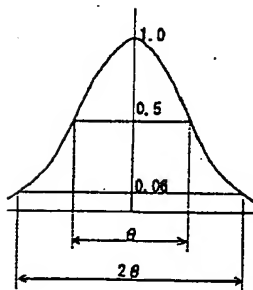
【図8】



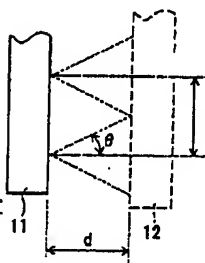
【図10】



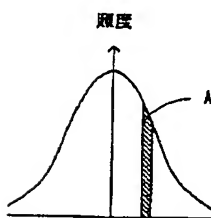
【図12】



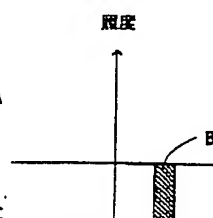
【図13】



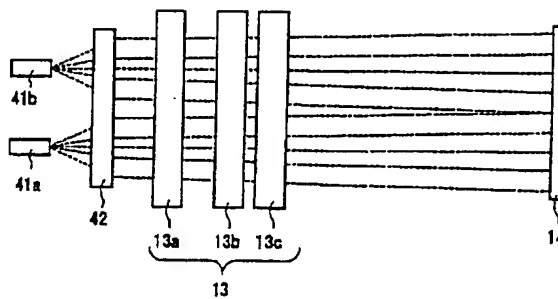
【図19】



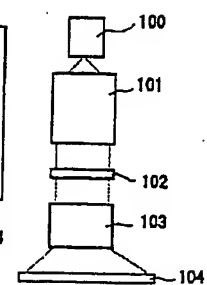
【図20】



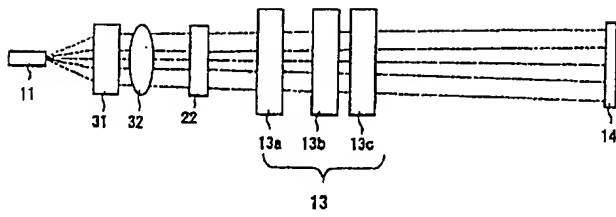
【図14】



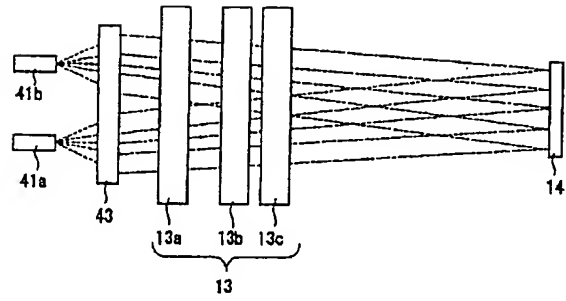
【図21】



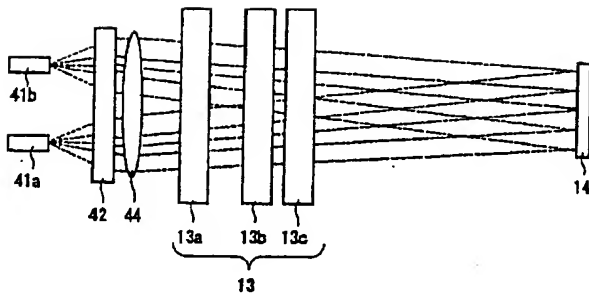
【図11】



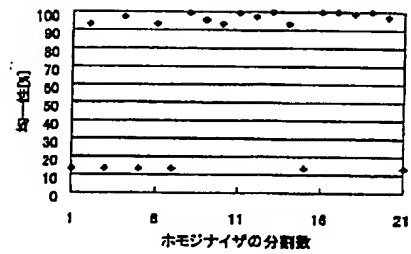
【図15】



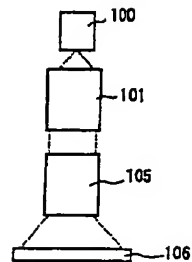
【図16】



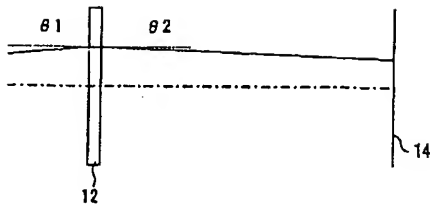
【図17】



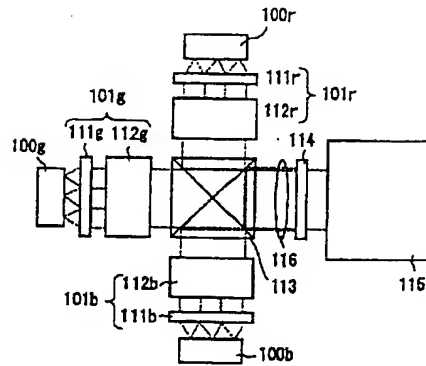
【図22】



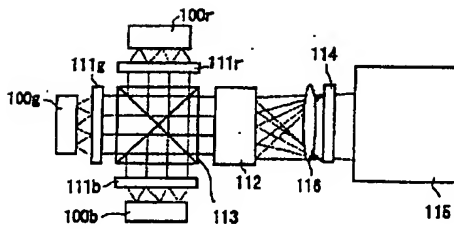
【図18】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 2 B 27/00

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

G 0 2 B 27/00

H 0 1 L 21/30

テ-マコ-ト* (参考)

V

5 2 7

(72)発明者 逢坂 敬信
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(72)発明者 加藤 幾雄
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 滝口 康之
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
Fターム(参考) 2H049 AA02 AA12 AA34 AA50 AA60
AA61 AA64 CA01 CA05 CA09
CA15 CA22
2H052 BA01 BA02 BA09 BA12 BA14
4E068 AE00 AH00 CD02 CD05 CD13
5F046 CA03 CA05 CB01 CB13 CB22
CB23